

# DESENVOLVIMENTO DE ÓRTESES E PRÓTESES PARA ANIMAIS DE GRANDE E MÉDIO PORTE UTILIZANDO AS TÉCNICAS DE ENGENHARIA REVERSA E MANUFATURA ADITIVA

Marcelo A. R. D. Santos<sup>1</sup>, Ruís C. Tokimatsu<sup>2</sup>, Tiago L. E. Treichel<sup>3</sup>, Tales D. D. Prado<sup>4</sup>  
Adecir C. D. S. Junior<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Dep. De Design de Interiores, Universidade de Rio Verde, Rio Verde (GO), Brasil. E-mail: marcelo@unirv.edu.br

<sup>2</sup>Dep. De Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira (SP), Brasil. E-mail: ruisctok@gmail.com

<sup>3</sup>Dep. De Medicina Veterinária, Universidade de Rio Verde, Rio Verde (GO), Brasil. E-mail: tletreichel@gmail.com

<sup>4</sup>Dep. De Medicina Veterinária, Universidade de Rio Verde, Rio Verde (GO), Brasil. E-mail: talesprado@yahoo.com.br

<sup>5</sup>Dep. De Medicina Veterinária, Universidade de Rio Verde, Rio Verde (GO), Brasil. E-mail: junior\_rv@hotmail.com

**Resumo.** Nos dias atuais, a busca por técnicas inovadoras para área da Medicina Veterinária tem sido constante. Problemas como laminite que causam dores nos cascos de animais de grande e médio porte, fraturas das patas que ocorrem por pisoteio ou até mesmo a quebra de cascos, podem prejudicar o desenvolvimento produtivo ou funcional dos animais, levando até mesmo ao sacrifício deles. O objetivo desta pesquisa é utilizar as tecnologias de engenharia reversa e manufatura aditiva para contribuir no desenvolvimento de órteses para esses animais que necessitam de auxílio para serem reabilitados de volta ao seu ambiente, com um conforto mais adequado. Como resultado, foi possível digitalizar o membro inferior de um bezerro que possuía uma fratura exposta, utilizando a tecnologia de engenharia reversa tempo de voo, com o equipamento Kinect One e assim digitalizar tridimensionalmente a pata para a criação de uma órtese de fixação e imobilização do membro. Como resultado, a órtese foi produzida pela tecnologia manufatura aditiva para imobilizar o membro inferior do bezerro fraturado. Desta forma, conclui-se que as tecnologias de engenharia reversa e manufatura aditiva podem auxiliar muito na área da Medicina Veterinária.

**Palavras-chave:** Órteses, Manufatura aditiva, Engenharia reversa, Fratura.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, a busca por soluções para auxiliarem nos tratamentos de fratura, laminite, cascos quebrados causados muitas vezes pelo pisoteio de outros animais confinados no mesmo ambiente, lesões, entre outras patologias, tem sido cada vez maior. Os animais produtores de leite como as vacas, quando apresentam problemas como fraturas nas patas ou problemas crônicos em seus cascos, prejudicam no desenvolvimento produtivo e muitas vezes é necessário sacrificar o animal. Diante dos diversos acontecimentos como estes, na área da Medicina Veterinária, a procura por soluções para propor uma melhoria ao animal ou permitir uma condição de vida mais confortável é uma grande conquista. Atualmente, duas tecnologias inovadoras têm se destacado e demonstrado uma evolução nesta área. A primeira delas é a Engenharia Reversa que permite digitalizar objetos em escala real e transformá-los digitalmente em um biomodelo tridimensional virtual sem precisar desenhar do zero o modelo. A segunda tecnologia é a Manufatura Aditiva que permite transformar o biomodelo virtual criado pela Engenharia Reversa e transformá-lo em um biomodelo real, impresso por uma impressora 3D.

O objetivo desta pesquisa, é desenvolver uma órtese com função de imobilização do membro inferior de um animal de médio porte para substituir os pinos de travamento que não estão apresentando melhorias ou resultados satisfatórios. Esta órtese será criada pelas técnicas de Engenharia Reversa tempo de voo e a Manufatura Aditiva por uma impressora 3d utilizando a técnica Modelagem por Fusão e Deposição (*fused deposition modeling* – FDM).

## **2. ENGENHARIA REVERSA**

Segundo Raja, (2007); Sokovic e Kopac, (2006), a Engenharia Reversa é uma tecnologia que permite reduzir ciclos na produção de produtos, de forma que não é preciso desenhar um objeto utilizando um programa de desenho assistido por computador. Conforme Raja (2007), a Engenharia Reversa passa por 3 fases sendo: digitalização de pontos; processamento de pontos e aplicação. A Engenharia Reversa pode ser aplicada em diversas áreas como Medicina, Arquitetura, Engenharias, Design, entre outras. Santos (2017), comenta que na área de ortopedia, é possível criar órteses personalizadas para cada tipo de paciente, de modo que, os imobilizadores se encaixam nos membros mais adequadamente, evitando problemas como o desconforto e mau posicionamento na imobilização. A Engenharia Reversa aplicada na Medicina como estudo de anatomia, criação de próteses, implantes, entre outros, tem demonstrado bastante benefício. Para Vinesh e Kiran (2008), a Engenharia Reversa sem contato é classificada em duas técnicas sendo a Reflexivo e Transmissivo. Um exemplo de técnica reflexiva utilizada é o método de digitalização Ótica – Tempo de voo (*Time Of Flight* – TOF), esta técnica tem como princípio medir a quantidade de tempo que um pulso de luz leva para viajar até o objeto e fazer o regresso, segundo [Bellian et al., 2005; Dion; Bertone, 2004; Sekimoto et al., 2003].

## **3. MANUFATURA ADITIVA**

Para Canciglieri et. Al (2015), a Manufatura Aditiva possui seus processos de fabricação baseado em líquido, sólido e pó. Segundo Volpato (2017), nos dias atuais existem mais de 20 tipos de sistemas de Manufatura Aditiva que fabricam objetos por adição de camadas. Os objetos são fabricados com geometrias simples ou complexas de forma livre, que por sua vez, eliminam as ferramentas de molde. Segundo Ahrens (2007), esta técnica permite fabricar moldes, peças, objetos utilizando um modelo tridimensional virtual, podendo ter suas geometrias simples ou complexas. Uma das técnicas que está se destacando pelo fácil acesso e custo benefício é a modelagem por fusão e deposição. Segundo Volpato (2017), o princípio das tecnologias de extrusão de material se dá pelo processo de deposição do material na forma de filamento de diâmetro reduzido, que é obtido pelo princípio da extrusão em um bico calibrado. Basicamente o cabeçote é montado sobre um sistema com movimentos controlados no plano X e Y. Esse sistema, normalmente opera sobre uma plataforma de construção constituída de um mecanismo que se eleva, deslocando-se no sentido para baixo em direção do eixo Z. Ao término de fusão e deposição de cada camada, é repetido novamente o processo da construção da próxima camada até que o objeto esteja pronto, ou seja, ele é construído camada-por-camada até que a peça seja construída.

## **4. ÓRTESES**

As finalidades das Órteses são de auxiliar e melhorar as condições dos pacientes que necessitam de suportes ou disfunção dos segmentos corpóreos. Elas podem ser internas como: *stents*; válvulas; placas; etc., ou externas como: óculos; gessos; talas; bengalas; entre outros.

Segundo Carvalho (2006), as órteses podem corrigir a postura e permitir movimentos até um certo ponto, podendo imobilizar totalmente ou parcialmente os movimentos.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste projeto todos os processos computacionais desenvolvidos serão feitos em um *Notebook* da Marca Dell, modelo *Inspiron 15R 7520 Special Edition*. Esta máquina possui tela *FullHD 1080* de 15,6”, seu processador é Intel® Core™ i7 – 3612QM CPU @ 2.10GHz – 3 Geração dos processadores Intel. Sua memória é de 8gb e seu HD possui 1 *Terabyte* de armazenamento, sua placa de vídeo é dedicada AMD *Handeon HD7730M* com 2048Mb. O sistema operacional é *Windows 10 PRO*.

Para digitalização e captura dos pontos do membro inferior do animal, será utilizado o equipamento *Kinect One* + Adaptador para Computador desenvolvido pela empresa Microsoft. O processo de captura de pontos será feito através da tecnologia Engenharia Reversa utilizando a técnica Tempo de Voo, conforme Fig. 1.



Fig. 1 – Aparelho *Kinect One* e adaptador para conexão com computador

Segundo a metodologia de Raja (2007), para capturar os pontos, realizar o processamento e aplicação, será utilizado a versão livre do programa *Kscan3D*, conforme Fig. 2.

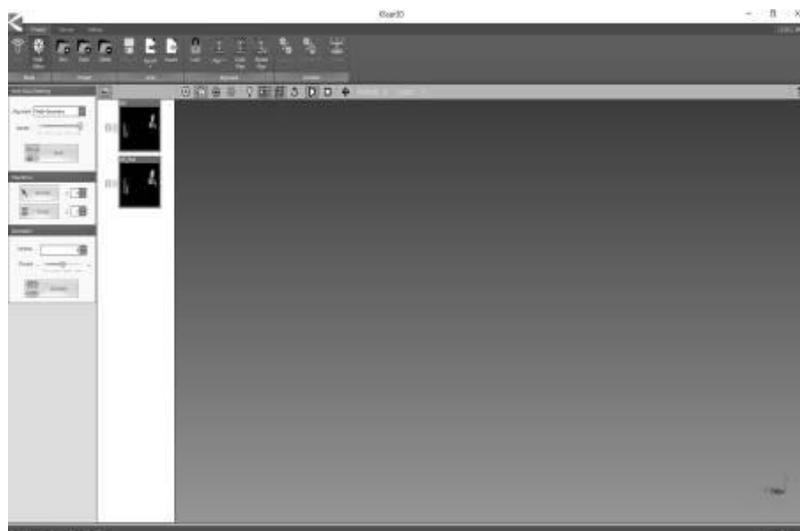


Fig. 2 – Programa *Kscan 3D* utilizado para capturar, processar e aplicar os pontos pela técnica de Engenharia Reversa.

Para ajustes, criação do design tridimensional, limpeza dos artefatos indesejáveis e modelagem, o programa a ser utilizado será o *Meshmixer* versão 3.5.474. Esse programa foi desenvolvido pela empresa *Autodesk* e também é um programa livre. A Fig. 3 ilustra a interface da tela do programa.

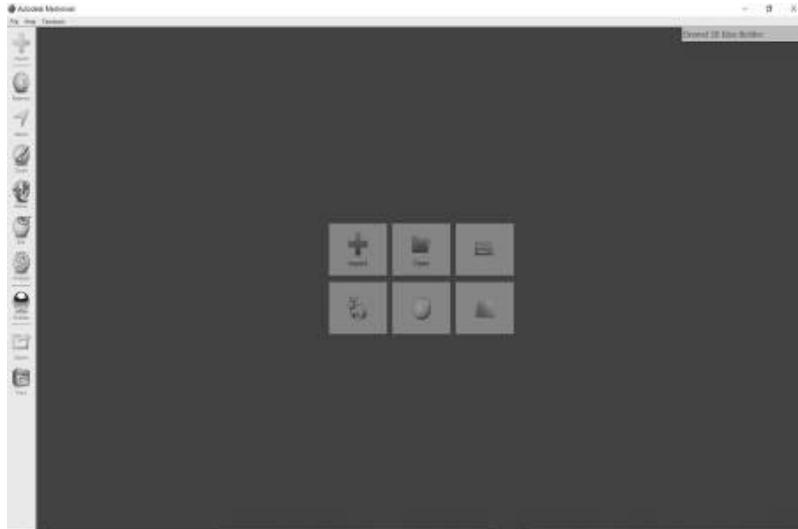


Fig. 3 – Programa *Meshmixer* da *Autodesk* utilizado para modelagem

Para a confecção do imobilizador será utilizado a Impressora 3D *ZONESTAR DIY 802QR2*, esta impressora foi montada para confecção do imobilizador através de um kit de montagem que possui 2 bicos de extrusão com movimentação nos eixos X-Z e mesa de trabalho aquecida com movimentação no eixo Y, conforme Fig. 4.

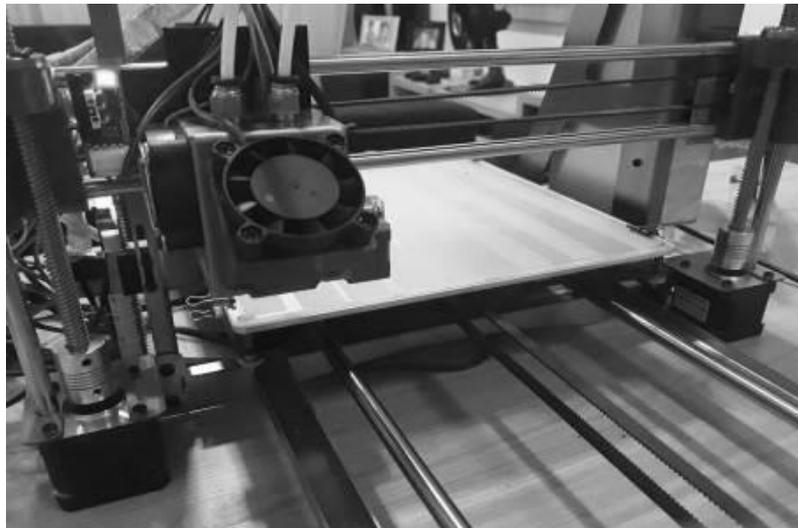


Fig. 4 – Impressora 3D *Zonestar Diy 802QR2* com a técnica de Modelagem por Fusão de Deposição - FDM

A impressora já vem com um programa livre chamado *Repetier-Host*. Este programa é responsável por fatiar em camadas o desenho tridimensional elaborado pela tecnologia de Engenharia Reversa e convertê-lo para a impressora 3D através da linguagem *gcode*, a Fig. 5 ilustra a interface do programa *Repetier-Host* versão 2.1.3.

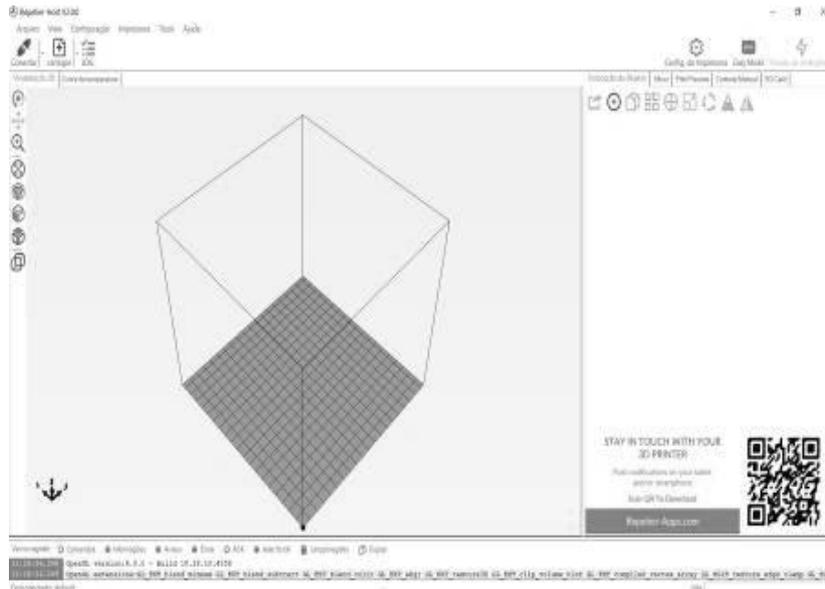


Fig. 5 – Programa *Repetier-Host* utilizado para fatiar objetos tridimensionais para impressão 3D

Para a impressão da Órtese será utilizado em média 250 g de Filamento de 1,75 mm de diâmetro na cor Azul Metalizado, da marca 3DFila. A composição do Material é de Poli (Tereftalato de Etileno com Glicol) – PETG, conforme Fig. 6.



Fig. 6 – Rolo de Filamento PETG utilizado para fabricação da Órteses imobilizadora

Como procedimento inicial, a pata do bezerro fraturada teve os procedimentos de tratamento, limpeza e cuidados antes de iniciar a varredura dos pontos. Após esses procedimentos, foi preciso definir um posicionamento adequado para que a técnica de Engenharia Reversa fosse iniciada. Após os cuidados realizados, os profissionais da área, estabilizaram a pata na posição correta para o início da digitalização. A Fig. 7, mostra o posicionamento da pata para ser digitalizado.



Fig. 7 – Membro inferior sendo preparado e posicionado para digitalização dos pontos pela técnica de Engenharia Reversa

Dado o início ao escaneamento, o dispositivo *Kinect One* digitalizou os pontos do membro inferior através da Engenharia Reversa tempo de voo e enviou para o Programa Kscan 3D para processar e triangular cada ponto formando assim, uma malha como superfície e a transformando em um biomodelo tridimensional virtual, conforme a Fig. 8.

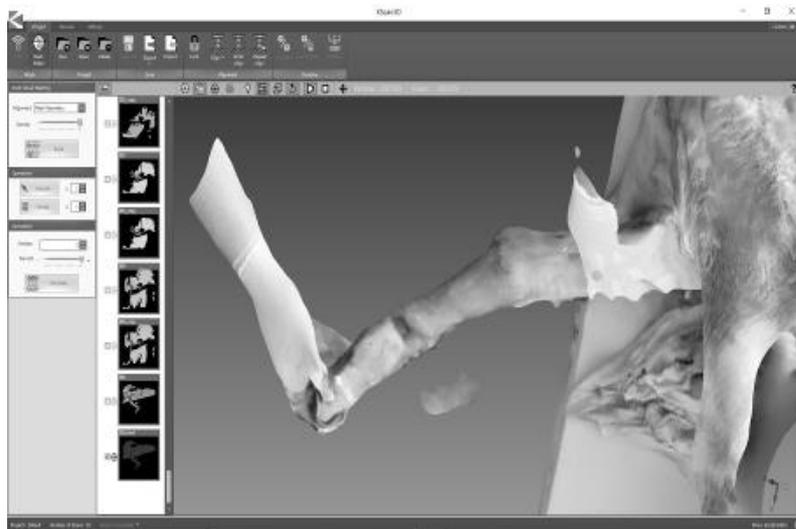


Fig. 8 – Criação do Biomodelo tridimensional através da Engenharia Reversa

Concluído a digitalização, o biomodelo virtual é exportado para o programa Meshmixer, quer permite a modelagem da órtese utilizando o biomodelo como referência base. O programa permite o modelador excluir os artefatos indesejáveis que são digitalizados juntamente com o membro inferior e também corrigir defeitos ou partes que não foram capturados. A Fig. 9 ilustra o preparo do volume da órtese e a divisão em duas partes para

permitir o encaixe na pata do bezerro. Também foi desenvolvido um design em formas de hexágonos abertos para permitir a ventilação e dar uma resistência mecânica maior a órtese.

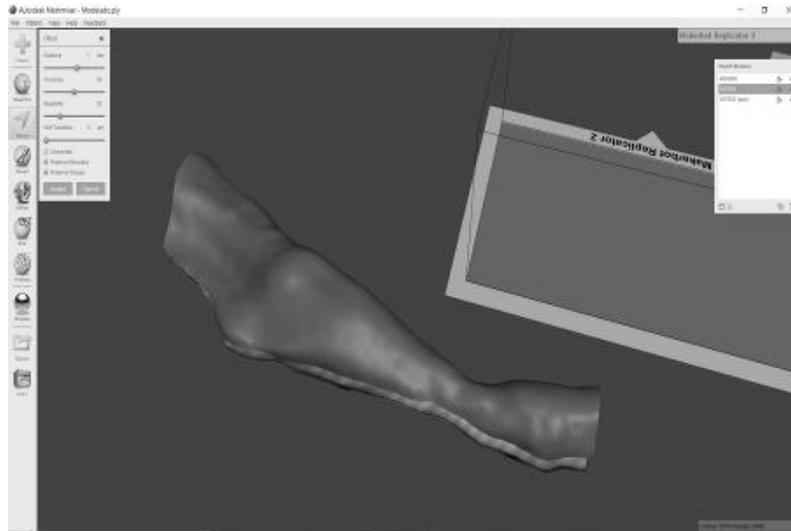


Fig. 9 – Modelagem e ajustes no Biomodelo tridimensional virtual utilizando o programa Meshmixer

Finalmente com a modelagem pronta da órtese, o arquivo é exportado para o programa Repetier-Host para realizar o fatiamento do biomodelo virtual, e assim produzir pela técnica Manufatura Aditiva a Órtese para utilização na pata fraturada do bezerro. A Fig. 10 mostra a impressão 3D da impressora ZONESTAR produzindo o imobilizador que será utilizado no animal.

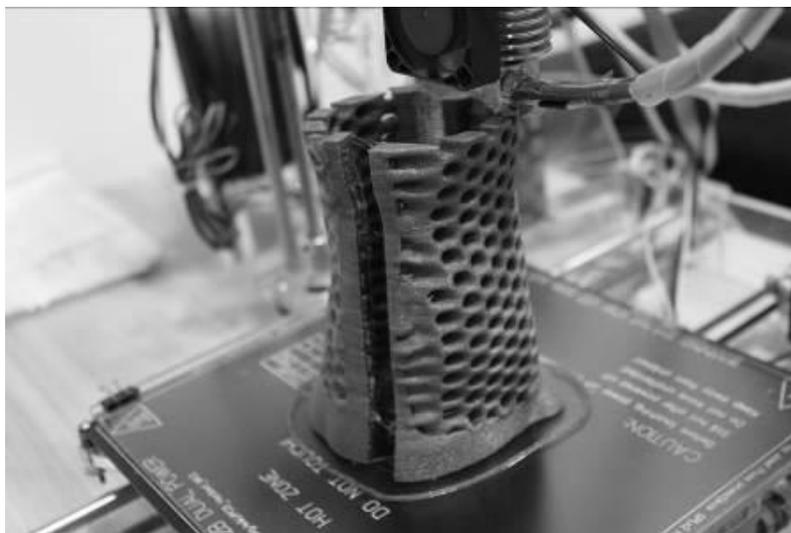


Fig. 10 – Impressão 3D de uma Órtese pela técnica de Manufatura Aditiva FDM.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Como resultado, foi possível digitalizar o membro do bezerro fraturado e converter em um modelo tridimensional virtual para utilizar como referência na criação da órtese personalizada. O resultado obtido pela técnica de Manufatura Aditiva foi aprovada pela

equipe pelo fato do imobilizador demonstrar uma resistência mecânica suficiente para não quebrar e também pelo encaixe correto da órtese com a pata fratura, conforme Fig.11.



Fig. 11 – Análise da órtese impressa pela impressora 3D com a pata do bezerro fraturada

Após o teste da órtese com a pata e a análise quanto as dimensões do encaixe, o animal passou por um último processo cirúrgico para remoção dos pinos que não estavam surtindo efeito de imobilização, por fim, foi utilizado o imobilizador para fixar o membro inferior para não permitir a movimentação do osso que sofreu a fratura a fim de calcificar na posição correta. A Fig. 12 mostra o animal em uma postura normal caminhando pela grama.



Fig. 12 – Animal com aplicação da órtese imobilizadora caminhando pela grama

Como resultado da aplicação da órtese, foi possível identificar que a mesma está obtendo resultados satisfatórios devido a recuperação do animal e a forma que ele tem apresentado na sua movimentação encostando a pata com mais firmeza no solo e permitindo sua movimentação.

## 6. CONCLUSÕES

Através da tecnologia de Engenharia Reversa, foi possível digitalizar o membro inferior pela técnica reflexiva Tempo de voo para utilizar como biomodelo virtual na modelagem da órtese. Após a digitalização, a órtese projetada foi impressa sem problema pela tecnologia de Manufatura Aditiva. Conforme os resultados obtidos pela impressão 3D foi removido os pinos implantados no membro fraturado do animal que não obteve resultados satisfatório de imobilização para que o osso se regenerasse, assim a órtese aplicada na pata do bezerro, conseguiu imobilizar o membro com um resultado satisfatório, tanto travou as partes faturadas como também permitiu que o animal tivesse sua movimentação regularizada podendo andar novamente. Este projeto abre portas para novas pesquisas que possam utilizar a Engenharia Reversa e a Manufatura Aditiva para auxiliar na área da Medicina Veterinária que ainda é pouca explorada. É possível criar Próteses para cascos de bovinos e equinos com problema de laminite, cascos para jabutis, bico para pássaros entre tantas outras aplicações.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, a Universidade de Rio Verde – UniRV e a CAPES pelo apoio e incentivo deste projeto.

## REFERÊNCIAS

- Ahrens, C. et al. (2007) “*Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações*”. Editora Blucher, São Paulo.
- Junior, O. C.; Junior, A. S.; Sant’anna, Á. M. O. (2015), “*Método de decisão dos processos de prototipagem rápida na concepção de novos produtos*”. Gestão & Produção, v. 22, n. 2, p. 345-355.
- Bellian, J. A.; Kerans, C.; Jennette, D. C. (2005), “*Digital outcrop models: applications of terrestrial scanning lidar technology in stratigraphic modeling*”. Journal of sedimentary research, Tulsa, v. 75, n. 2, p. 166-176. ISSN 1527-1404.
- Carvalho, J. A. (2006), “*Órteses: um recurso terapêutico complementar*, Manole, São Paulo.
- Dion, B.; Bertone, N. (2004), “*An overview of avalanche photodiodes and pulsed lasers as they are used in 3D laser radar type applications*”. SPIE Proceedings, v. 5435, p. 187-195.
- Lin, Y.P.; Wang, C.-T.; Dai, K. R. (2005), “*Reverse engineering in CAD model reconstruction of customized artificial joint*”. Medical Engineering & Physics, v. 27, n. 2, p. 189-193.
- Raja, V.; Fernandes, K. J. (2007), “*Reverse engineering: an industrial perspective*”. Springer Science & Business Media.
- Santos, M. A. R. D. (2016), “*Engenharia reversa: um método orientado a imobilizadores ortopédicos*”. Mestrado, UNESP, Ilha Solteira.
- Sekimoto, K. et al. (2003), “*Development of 3D Laser Radar for Traffic Monitoring*”. Ishikawajima Harima Engineering Review, v. 43, n. 4, p. 114-117. ISSN 0578-7904.
- Sokovic, M.; Kopac, J. (2006), “*RE (reverse engineering) as necessary phase by rapid product development*”. Journal of Materials Processing Technology, v. 175, n. 1-3, p. 398-403.
- Volpato, N. (2017), “*Manufatura Aditiva: Tecnologia e aplicações da impressão 3d*”. Edgard Blucher, São Paulo.

## **DEVELOPMENT OF PROSTHESIS AND PROSTHESIS FOR LARGE AND MEDIUM-SIZED ANIMALS USING REVERSE ENGINEERING AND ADDITIVE MANUFACTURING TECHNIQUES**

Marcelo A. R. D. Santos<sup>1</sup>, Ruís C. Tokimatsu<sup>2</sup>, Tiago L. Treichel<sup>3</sup>, Tales D. D. Prado<sup>4</sup> Adecir C. D. S. Junior<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Interior Design Department, University of Rio Verde, Rio Verde (GO), Brazil. Email: marcelo@unirv.edu.br

<sup>2</sup>Department of Mechanical Engineering, Paulista State University “Julio de Mesquita Filho”, Ilha Solteira (SP), Brazil. Email: ruisctok@gmail.com

<sup>3</sup>Department of Veterinary Medicine, University of Rio Verde, Rio Verde (GO), Brazil. Email: tletreichel@gmail.com

<sup>4</sup>Department of Veterinary Medicine, University of Rio Verde, Rio Verde (GO), Brazil. Email: talesprado@yahoo.com.br

<sup>5</sup>Department of Veterinary Medicine, University of Rio Verde, Rio Verde (GO), Brazil. Email: junior\_rv@hotmail.com

**Abstract.** Nowadays, the search for innovative techniques for Veterinary Medicine has been constant. Problems such as laminitis that cause hoof pain in large and medium-sized animals, foot fractures that occur by trampling or even the breaking of hooves, can impair the productive or functional development of animals, even leading to their sacrifice. The objective of this research is to use reverse engineering and additive manufacturing technologies to contribute to the development of Orthose for these animals that need help to be rehabilitated back to their environment, with a more adequate comfort. As a result, it was possible to scan the lower limb of a calf which had a compound fracture, using the reverse flight time engineering technology, with Kinect One equipment and so scan three-dimensional paw to create a fixing bracing and immobilization member. As a result, the Orthose was produced by additive manufacturing technology to immobilize the lower limb of the fractured calf. Thus, it is concluded that reverse engineering and additive manufacturing technologies can greatly assist in the area of veterinary medicine.

**Keywords:** Orthose, Additive Manufacturing, Reverse Engineering, Fracture.